

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-260097

(43)Date of publication of application : 25.09.2001

(51)Int.CI.

B81B 7/02
G02F 1/13

(21)Application number : 2000-081918

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 23.03.2000

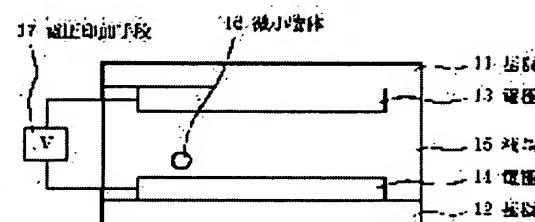
(72)Inventor : TAKEDA TOSHIHIKO

(54) MINUTE OBJECT DRIVING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a minute object driving device capable of being miniaturized and having a simple structure.

SOLUTION: This minute object driving device is provided with: a pair of boards 11, 12 having electrodes 13, 14 arranged in a form spaced apart at a predetermined distance; liquid crystal 15 filled in between the boards; at least one minute object 16 movably arranged in the liquid crystal; and a voltage application means 17 for applying a voltage between the electrodes. In this case, the device is so structured that a liquid crystal orientation layer formed by applying a horizontal orientation process to the liquid crystal along a closed band-like region is formed on each of the surfaces of the electrodes, and the minute object moves in a plane nearly parallel with the board surfaces in a region interposed between the pair of the electrodes by applying a predetermined voltage to the pair of the electrodes from the voltage application means.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-260097

(P2001-260097A)

(43) 公開日 平成13年9月25日 (2001.9.25)

(51) Int.Cl.⁷
B 81 B 7/02
G 02 F 1/13

識別記号
505

F I
B 81 B 7/02
G 02 F 1/13

テ-マコト(参考)
2H088
505

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-81918(P2000-81918)

(22) 出願日 平成12年3月23日 (2000.3.23)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 武田 俊彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100069017

弁理士 渡辺 徳廣

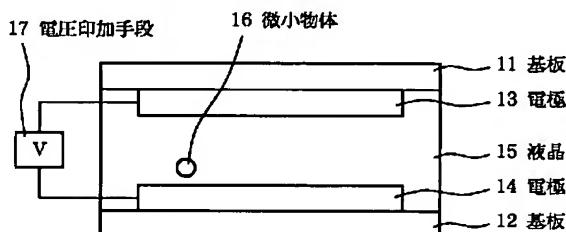
F ターム(参考) 2H088 EA61 EA64 GA02 GA03 GA11
HA03 HA06 LA06 LA07 MA09
MA20

(54) 【発明の名称】 微小物体駆動装置

(57) 【要約】

【課題】 小型化が可能で、且つ構造が単純な微小物体駆動装置を提供する。

【解決手段】 所定間隔をあけた状態に配置された電極13、14を有する一対の基板11、12と、該基板間に充填された液晶15と、該液晶内に移動自在に配置された少なくとも一つの微小物体16と、前記電極間に電圧を印加する電圧印加手段17とを備えた微小物体駆動装置において、前記電極表面には前記液晶に対する水平配向処理が閉じた帯状領域に沿って施された液晶配向層が設けられており、前記電圧印加手段から前記一対の電極に対して所定の電圧を印加することにより、前記微小物体が前記一対の電極に挟まれた領域にて前記基板面にほぼ平行な平面内にて運動する様に構成された微小物体駆動装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定間隔をあけた状態に配置された電極を有する一対の基板と、該基板間に充填された液晶と、該液晶内に移動自在に配置された少なくとも一つの微小物体と、前記電極間に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた微小物体駆動装置において、前記電極表面には前記液晶に対する水平配向処理が閉じた帯状領域に沿って施された液晶配向層が設けられており、前記電圧印加手段から前記一対の電極に対して所定の電圧を印加することにより、前記微小物体が前記一対の電極に挟まれた領域にて前記基板面にほぼ平行な平面内にて運動する様に構成された事を特徴とする微小物体駆動装置。

【請求項2】 前記閉じた帯状領域の形状が環状である事を特徴とする請求項1記載の微小物体駆動装置。

【請求項3】 前記水平配向処理がラビング処理である事を特徴とする請求項1記載の微小物体駆動装置。

【請求項4】 前記一対の電極のうち、一方の電極表面の液晶配向層に施されたラビング処理の向きが、他方の電極表面の液晶配向層に施されたラビング処理の向きに対して反対向きである事を特徴とする請求項3記載の微小物体駆動装置。

【請求項5】 前記一対の電極のうち、一方の電極表面の液晶配向層に施されたラビング処理の方向が、他方の電極表面の液晶配向層に施されたラビング処理の方向に対して同じ向きである事を特徴とする請求項3記載の微小物体駆動装置。

【請求項6】 前記微小物体の運動の軌跡がほぼ閉曲線状である事を特徴とする請求項1記載の微小物体駆動装置。

【請求項7】 前記閉曲線が円である事を特徴とする請求項6記載の微小物体駆動装置。

【請求項8】 前記微小物体の運動が、前記電極面に対して垂直な方向を自転軸とする自転運動である事を特徴とする請求項1記載の微小物体駆動装置。

【請求項9】 前記液晶がネマチック液晶である事を特徴とする請求項1記載の微小物体駆動装置。

【請求項10】 前記微小物体が前記液晶に溶解しない事を特徴とする請求項1記載の微小物体駆動装置。

【請求項11】 前記微小物体が誘電体である事を特徴とする請求項10記載の微小物体駆動装置。

【請求項12】 前記電圧印加手段により印加される電圧が交番電圧である事を特徴とする請求項1記載の微小物体駆動装置。

【請求項13】 前記交番電圧が正極性パルスと負極性パルスからなる事を特徴とする請求項12記載の微小物体駆動装置。

【請求項14】 前記正極性パルスの波高値と前記負極性パルスの波高値とが異なる事を特徴とする請求項13記載の微小物体駆動装置。

【請求項15】 前記交番電圧の周波数が10Hz以上

5kHz以下である事を特徴とする請求項12記載の微小物体駆動装置。

【請求項16】 前記交番電圧の波高値が、前記電極間に形成される電界強度が1V/ μ m以上である事を特徴とする請求項12記載の微小物体駆動装置。

【請求項17】 前記微小物体の自転運動を前記一対の基板外に伝達する伝達機構を有している事を特徴とする請求項8記載の微小物体駆動装置。

【請求項18】 前記伝達機構が、前記微小物体に接続された棒状構造体であり、該棒状構造体の長軸方向が前記微小物体の自転運動の自転軸と平行である事を特徴とする請求項17記載の微小物体駆動装置。

【請求項19】 前記微小物体及び前記棒状構造体は、光重合性化合物の重合体から構成されている事を特徴とする請求項18記載の微小物体駆動装置。

【請求項20】 前記光重合性化合物がフォトレジストである事を特徴とする請求項19記載の微小物体駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は微小物体駆動装置に関するもので、特に微粒子搬送装置、マイクロモーター、マイクロポンプ等への応用が可能な微小物体駆動装置に関するもの。

【0002】

【従来の技術】 近年、微小機械技術や生命工学等の発展に伴い、微小な物体に円運動や自転運動をさせる事が可能な微小物体駆動装置への関心が高まっている。このように微小物体に運動をさせる方法としては、

- 30 A. 対物レンズを通過させたレーザー光を流体中の微小物体に照射し、その際にレーザー光が屈折等をすることにより生じる運動量変化を利用する方法や、
B. 流体に電圧を印加して対流を生ぜしめ、これによって流体中の微小物体を運動させる方法、
がある。

【0003】 上記Aの方法としては、(A-1) 微小物体を回転させるようにしたものの(特開平5-168265号公報)や、(A-2) 微小物体を、所望の軌道上で円運動させるようにしたもの、が多数提案されている。

- 40 B. また、上記Bの方法としては、(B-1) 図10に示すように、電極93、94をそれぞれ形成した一対の基板91、92の間隙に液晶95を挟み込むように配置すると共に、これらの電極93、94に挟まれない領域C2(以下、この領域を“電極非対向領域C2”とし、電極93、94に挟まれた領域を“電極対向領域C1”とする)の液晶中に回転子(微小物体)96を配置したものであり、これらの電極93、94に電圧を印加することによって電極対向領域C1において一方の電極94から他方の電極93の方向に液晶流動97を発生させ、この液晶流動97に起因した対流うず98を

発生させ、該対流うず98によって回転子96を回転させて動力を発生させるようにしたもの（特開平6-294374号公報）や、（B-2）特定の化合物（有機フッ素化合物）を配合した絶縁性油を流体として用いると共に、複数の針金状の電極を配置し、これらの電極に直流電圧を印加することによって前記流体を対流させることにより、流体内に配置した可動部材（微小物体）を回転させるようにしたもの（特開平8-210240号公報）、が提案されている。

【0005】なお、上記（B-2）における可動部材の回転方向は、複数の電極の中で電圧を印加する電極を変える事により制御する。なお、上記流体の流动は、一方の電極からもう一方の他方の電極に移動する事により形成される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来例には種々の問題があつた。例えば、上記Aの装置の場合、レーザー光源や対物レンズ等の光学系が必要であり、薄くする事が困難であるという問題があつた。特に、上記A-1の場合には、レーザー光源を複数個設ける必要があると共に、レーザー光を円偏光化させるための光学系が必要であり、上記A-2の場合には、レーザー光の焦点位置を所望の移動方向に移動させるための光学系あるいは機械系が必要であって、装置の薄型化が困難であった。

【0007】一方、上記B-1の装置の場合、回転子96は電極対向領域C1の側の液晶流动97のみによって回転駆動されるだけで、電極非対向領域C2の側では回転駆動されない。したがって、回転子96を介して取り出される運動エネルギーが、印加した電圧（すなわち、消費した電気エネルギー）の割に小さく、エネルギーの変換効率が悪いという問題があつた。また、この装置の場合には、回転子96の回転軸は、基板面に沿った方向（すなわち、図10の紙面に垂直な方向）に配置しなければならず、基板91と基板92との間には回転軸を配置し回転させるために $100\mu m$ 以上の大きな間隙（図示符号G参照）を設けなければならず、装置の薄型化に限界があるという問題もあつた。さらに、この装置の場合には、回転子96を電極対向領域C1に配置することはできず、基板面に沿った方向には、電極対向領域C1と、回転子96を配置できる幅広の電極非対向領域C2とをそれぞれ設けなければならず、該方向に装置が大型化するという問題があつた。

【0008】また一方、上記B-2の装置の場合には、複数の針金状の電極を配置するために構造が複雑になるという問題があつた。また、可動部材の回転方向を反転させるためには、複数の電極の中から特定の電極を選択し直す必要があり、駆動方法や駆動回路が複雑になる問題があつた。

【0009】そこで、本発明は、小型化が可能で、且つ

構造が単純な微小物体駆動装置を提供することを目的とするものである。また、本発明は、消費電力の無駄を低減する微小物体駆動装置を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記事情を考慮してなされたものであり、所定間隔をあけた状態に配置された電極を有する一対の基板と、該基板間に充填された液晶と、該液晶内に移動自在に配置された少なくとも一つの微小物体と、前記電極間に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた微小物体駆動装置において、前記電極表面には前記液晶に対する水平配向処理が閉じた帯状領域に沿って施された液晶配向層が設けられており、前記電圧印加手段から前記一対の電極に対して所定の電圧を印加することにより、前記微小物体が前記一対の電極に挟まれた領域にて前記基板面にほぼ平行な平面内にて運動する様に構成された事を特徴とする微小物体駆動装置を提供するものである。

【0011】本発明において、好ましい実施態様を下記に示す。前記閉じた帯状領域の形状が環状である事が好ましい。前記水平配向処理がラビング処理である事が好ましい。

【0012】前記一対の電極のうち、一方の電極表面の液晶配向層に施されたラビング処理の向きが、他方の電極表面の液晶配向層に施されたラビング処理の向きに対して反対向きである事が好ましい。前記一対の電極のうち、一方の電極表面の液晶配向層に施されたラビング処理の方向が、他方の電極表面の液晶配向層に施されたラビング処理の方向に対して同じ向きである事が好ましい。

【0013】前記微小物体の運動の軌跡がほぼ閉曲線状である事が好ましい。前記閉曲線が円である事が好ましい。前記微小物体の運動が、前記電極面に対して垂直な方向を自転軸とする自転運動である事が好ましい。

【0014】前記液晶がネマチック液晶である事が好ましい。前記微小物体が前記液晶に溶解しない事が好ましい。

【0015】前記微小物体が誘電体である事が好ましい。前記電圧印加手段により印加される電圧が交番電圧である事が好ましい。

【0016】前記交番電圧が正極性パルスと負極性パルスからなる事が好ましい。前記正極性パルスの波高値と前記負極性パルスの波高値とが異なる事が好ましい。前記交番電圧の周波数が 10 Hz 以上 5 kHz 以下である事が好ましい。前記交番電圧の波高値が、前記電極間に形成される電界強度が $1\text{ V}/\mu m$ 以上である事が好ましい。

【0017】前記微小物体の自転運動を前記一対の基板外に伝達する伝達機構を有している事が好ましい。前記伝達機構が、前記微小物体に接続された棒状構造体であ

り、該棒状構造体の長軸方向が前記微小物体の自転運動の自転軸と平行である事が好ましい。前記微小物体及び前記棒状構造体は、光重合性化合物の重合体から構成されている事が好ましい。前記光重合性化合物がフォトレジストである事が好ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明に関する微小物体駆動装置の構造について、図1および図2を参照して説明する。図1は、本発明に係る微小物体駆動装置の構造の一例を示す断面図である。図2は、本発明に係る水平配向処理の一例を示す斜視図である。

【0019】図1において、11と12は所定間隔をあけて配置された基板である。13と14は、それぞれ基板11と基板12に設けられた電極である。電極の表面には液晶配向層が設けられている（図1では省略している）。

【0020】15は基板11と基板12の間に充填された液晶である。16は液晶15内に配置させた微小物体である。17は電極13と電極14の間に電圧を印加する電圧印加手段である。なお、図1には基板間の間隔を維持するスペーサー及び液晶の漏れを防ぐシール構造は省略した。

【0021】前記電極13と電極14の表面に設けられた液晶配向層には前記液晶に対する水平配向処理が閉じた帯状領域に沿って施されている。閉じた帯状領域の形状は特に制限はないが、環状の形状をあげる事ができる。また、水平配向処理の方法も特に制限はないが、ラビング処理をあげる事ができる。

【0022】本発明に関する電極表面への水平配向処理について図2を用いて説明する。図2は基板12上に設けられた電極14を斜めから見た斜視図である。図2において、電極14に積層された液晶配向層18が設けられている。電極14上の斜線で示した閉じた帯状領域21が水平配向処理を施した領域である。図2では水平配向処理を施した領域は環状の形状を呈している。

【0023】この様に閉じた帯状の水平配向処理領域を形成する方法に特に制限はない。例えば、前記閉じた帯状領域21に沿ってラビング処理を施す事により形成する事ができる。即ち、ラビング布を電極14上の液晶配向層18に押し当て、前記ラビング布を図2中の閉曲線のラビング処理方向22に沿って一方方向（例えば、図中に示した矢印方向）に擦る事により、閉じた帯状のラビング処理領域を形成する事ができる。

【0024】図1に示した電極13に積層された液晶配向層にも、前記電極14と同様に、閉じた帯状領域に沿って水平配向処理が施されている。なお本発明では、一方の電極表面上の液晶配向層に施されたラビング処理の向きは、他方の電極表面上の液晶配向層に施されたラビング処理の向きに対して反対向き、あるいは、同じ向きである。

【0025】前記微小物体16は、全体が前記液晶15中に浸漬されていても、或は一部のみが液晶15中に浸漬されていても良い。また、図1ではこの微小物体16を1個のみ示すが、その数は1個のみに限定されるものではなく、2個以上であっても多数であっても良い。さらに、微小物体16は、誘電体であれば良く、液晶15に溶解しないものであればその材質は特に限定されず、例えばポリマービーズや酸化金属微粒子や有機分子集合体等を用いれば良い。またさらに、その形状自体は特に限定されるものではなく、球状であっても偏平状であっても針状であっても構わない。但し、1つの微小物体16の大きさは、液晶15に浸漬された状態で（例え該液体の吸収や化学変化が生じたとしても）該液晶層厚よりも小さくして移動可能でなければならない。

【0026】また前記液晶15の種類や構造は特に限定されるものではないが、ネマチック相あるいはコレステリック相を発現できる液晶であることが好ましい。

【0027】次に、本発明に係る微小物体駆動装置の駆動方法について、図3～図5を用いて説明する。図3は微小物体の運動を説明するための模式図、図4および図5は本発明に係る微小物体駆動装置に印加する交番電圧の波形を示す波形図である。

【0028】図3は図1に示した微小物体駆動装置の電極13と電極14の間に配置している微小物体16を、基板11の上方から観察した状態を示している。図3中に示したA～Dは、電極13及び電極14の4つの角に対応する。

【0029】電極13と電極14の表面に積層された液晶配向層には環状の領域に沿ってラビング処理が施されているものとする。なお、電極13上の液晶配向層に施されたラビング処理の向きは、基板11の上方から観察して、時計周りである。一方、電極14上の液晶配向層に施されたラビング処理の向きは、基板11の上方から観察して、反時計周りである。また、微小物体16の大きさは電極13と電極14のギャップ間距離及び電極幅よりも小さいとする。

【0030】電圧印加手段17により、図4に示した様な両極性の矩形波（V1>V2）を印加したとする。電極14は接地されている。この場合、微小物体16は前記電極面にほぼ平行な面内で、かつ前記電極の幅を最大直径とするほぼ円形の軌道上を運動する。微小物体16の運動の向きは、基板11の上面から観察して、時計周りである。図3中の31は微小物体16の運動軌跡を模式的に示した曲線である。

【0031】一方、電圧印加手段17により、図5に示した様な両極性の矩形波（V1>V2）を印加したとする。この場合も微小物体16は前記電極面にほぼ平行な面内で、かつ前記電極の幅を最大直径とするほぼ円形の軌道上を運動する。なお微小物体16の運動の向きは、基板11の上面から観察して、反時計周りである。な

お、複数個の微小物体が電極間に配置していても前記矩形波を印加する事により、全ての微小物体を上述した様な運動をさせる事が可能である。

【0032】例えば、前記図4に示す矩形波が印加されると全ての微小物体は、前記電極面にはほぼ平行な面内で、かつ前記電極の幅を最大直径とするほぼ円形の軌道上を運動する。電極エッジ部近傍に存在している微小物体の運動の軌道半径は、電極中央部近傍に存在している微小物体の運動の軌道半径よりも大きい。各微小物体の運動の向きは、基板11の上面から観察して、時計周りである。

【0033】一方、前記図5に示す矩形波が印加されると全ての微小物体は、前記電極面にはほぼ平行な面内で、かつ前記電極の幅を最大直径とするほぼ円形の軌道上を運動する。電極エッジ部近傍に存在している微小物体の運動の軌道半径は、電極中央部近傍に存在している微小物体の運動の軌道半径よりも大きい。各微小物体の運動の向きは、基板11の上面から観察して、反時計周りである。

【0034】次に、幅が電極幅程度であり、高さが電極間距離よりも小さい微小物体を電極間に配置した場合について説明する。この場合、電極間に上述した様な矩形波を印加すれば、微小物体は自転運動を示す。該自転運動の自転軸は電極面に対して垂直である。図4に示す矩形波を印加すると、微小物体は基板11の上面から観察して時計周りの自転運動を示す。一方、図5に示す矩形波を印加すると、微小物体は基板11の上面から観察して反時計周りの自転運動を示す。

【0035】前記図4に示した矩形波は、前記図5に示した矩形波に対して逆極性の矩形波である。即ち、電極間に印加する矩形波の極性を反転させる事により、電極間に配置させた微小物体の上記運動（円運動及び自転運動）の向きを反転させる事が可能である。

【0036】次に、電極13上の液晶配向層と電極14上の液晶配向層に施されたラビング処理の向きが、基板11の上方から観察して、共に時計周りである場合について説明する。この場合、電極間に前記図4及び前記図5に示した矩形波を印加すると、矩形波の形状によらずに微小物体は反時計周りの円運動または自転運動を示す。

【0037】微小物体が自転運動を示す場合、動力伝達機構としての回転軸を微小物体に連結し、微小物体駆動装置をマイクロモーターとして用いる事が可能である。上述したような微小物体の運動機構の詳細は不明であるが、電界により誘起される電極面内方向への液晶流動によるものと考えられる。

【0038】電極間に矩形波が印加され続けると、電極近傍にはラビング方向と平行な方向への液晶流動が形成されると推測される。本発明ではラビング処理は閉曲線に沿って施されているので、該曲線に沿った液晶流動が

形成されると推測される。

【0039】ただし液晶流動の向きは、ラビング処理の向きに依存していると推測している。このため、一対の電極に施されたラビング処理の向きが互いに反対向きの場合、一方の電極近傍に形成される液晶流動の向きは、もう一方の電極近傍に形成される液晶流動の向きに対して反対向きであると推測される。従って、微小物体は印加された矩形波による電界によりどちらか一方の電極に接近し、該電極近傍に形成されている液晶流動により運動するものと考えられる。

【0040】このため微小物体の材質によっては、図4に示した様な矩形波を印加しても上述した説明とは異なり、反時計周りの円運動（あるいは自転運動）を示す場合がある。

【0041】上記説明では、微小物体を駆動するために電極間に印加する電圧波形として矩形波を示した。しかし本発明では電圧波形は矩形波に限定されるものではなく、下記特徴を満たす交番電圧であればサイン波、三角波、鋸波でも構わない。

【0042】本発明に関する交番電圧は、正極性パルスと負極性パルスからなり、かつ、前記正極性パルスの波高値（V1）と負極性パルスの波高値（V2）とは異なっている事が好ましい。このような交番電圧を作成するには、正極性パルスの波高値と負極性パルスの波高値とが等しい交番電圧と、オフセット電圧とを合成すれば良い。なお、このオフセット電圧の絶対値の大きさは、微小物体に所望の運動を発現できるものであれば特に制限はない。

【0043】ところで、前記交番電圧の周波数や波高値V1、V2が小さければ液晶流動が小さくなり、反対にその周波数や波高値が大きければ（前記流動は大きくなるもの）微小物体が電極に吸着されてしまい、結局、いずれの場合も微小物体は所望の運動ができなくなる。したがって、前記一対の電極間に印加する交番電圧の周波数や波高値は、微小物体が運動を行える範囲のものでなければならない。その範囲は、液晶の種類や、微小物体の材質、大きさや、液晶配向層の材質等に応じて異なるものであるが、交番電圧の周波数は10Hz以上5kHz以下の範囲が好ましく、より好ましくは、50Hz以上5kHz以下である。交番電圧の波高値V1、V2は、電極間に形成される電界強度が1V/μm以上13V/μm以下、より好ましくは3V/μm以上13V/μm以下、さらに好ましくは10V/μm以上13V/μm以下になる範囲が好ましい。

【0044】

【実施例】以下、実施例に沿つて本発明を更に詳細に説明する。

【0045】実施例1

本実施例においては、図6に示す様な微小物体駆動装置を作成した。本実施例では基板61と基板62はガラス

基板であり、大きさは $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ の正方形である。基板間隔は $8\text{ }\mu\text{m}$ である。図6では間隔維持用のスペーサーは省略した。電極63と電極64はITO電極であり、大きさは $8\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ の正方形である。各ITO電極上には閉じた帯状領域に沿ってラビング処理が施されたポリイミド薄膜が積層されている。65はネマチック液晶（商品名BL9、メルク社製）である。66は微小物体であり、本実施例では粒径 $3\text{ }\mu\text{m}$ のポリマービーズ（商品名ミクロバールBB、積水ファインケミカル（株）製）を用いた。67は電極間に電圧を印加する電圧印加手段である。

【0046】本実施例に関する前記閉じた帯状領域の形状を図7に示す。図7は電極の上面から前記電極を観察した模式図であり、ラビング処理された領域71を斜線で示した。ラビング処理は図7中に示した円71に沿って施されている。

【0047】本実施例では図8に示す様に、電極81上にラビング布82を押し当てて、電極81の中心を通り、かつ、電極面に垂直な軸に関して電極を一方方向に回転させる事により、電極面上のポリイミド薄膜にラビング処理を施した。この様なラビング処理を行う事により、図7に示す様な環状のラビング処理領域を形成した。

【0048】なお、電極63上の液晶配向層には、基板61の上方から観察して、時計周りの向きにラビング処理を施した。一方、電極64上の液晶配向層には、基板61の上方から観察して、反時計周りの向きにラビング処理を施した。

【0049】次に電圧印加手段により電極63と電極64の間に、下記2種類の矩形波電圧を交互に印加した。但し、何れの場合も電極64が接地されている。

（矩形波電圧1）図4に示す様な矩形波電圧であって、V1が 8.6 V で、-V2が -5.4 V であり、かつ周波数が 500 Hz でデューティ比が 50% の矩形波電圧。

（矩形波電圧2）図4に示す様な矩形波電圧であって、V1が 5.4 V で、-V2が -8.6 V であり、かつ周波数が 500 Hz でデューティ比が 50% の矩形波電圧。

【0050】上記矩形波電圧印加中のポリマービーズの応答を光学顕微鏡で電極63の上方から観察した。上記矩形波電圧1を印加している場合には、全てのポリマービーズが、電極面にほぼ平行な面内で時計周りの円運動を示していた。一方、上記矩形波電圧2を印加している場合には、全てのポリマービーズが、電極面にほぼ平行な面内で反時計周りの円運動を示していた。すなわち、印加する矩形波電圧によってポリマービーズに円運動させ事ができ、しかもその運動方向を制御できる事が分かった。

【0051】実施例2

本実施例では、微小物体として直径 $14\text{ }\mu\text{m}$ のポリマービーズ（商品名ミクロバールBB、積水ファインケミカル（株）製）を用いた。

ル（株）製）を用い、基板間隔を $25\text{ }\mu\text{m}$ とし、更に、電極の大きさを $20\text{ }\mu\text{m} \times 20\text{ }\mu\text{m}$ とした以外は、実施例1と同じ構成の微小物体駆動装置を用いた。

【0052】次に電圧印加手段により一対の電極間に、実施例1で用いた2種類の矩形波電圧を交互に印加した。但し、何れの場合も電極64が接地されている。上記矩形波電圧印加中のポリマービーズの応答を光学顕微鏡で電極63の上方から観察した。

【0053】上記矩形波電圧1を印加している場合には、ポリマービーズが、電極面に対して垂直な方向を回転軸とする時計周りの自転運動を示していた。一方、上記矩形波電圧2を印加している場合には、ポリマービーズが、電極面に対して垂直な方向を回転軸とする反時計周りの自転運動を示していた。すなわち、印加する矩形波電圧によってポリマービーズに自転運動させる事ができ、しかもその回転方向を制御できる事が分かった。

【0054】実施例3

本実施例では下記4点を変更した以外、実施例1と同じ構成の微小物体駆動装置を用いた。変更点は、電極間ギャップを $25\text{ }\mu\text{m}$ とした事と、微小物体の形状を直方体（ $8\text{ mm} \times 3\text{ mm} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ ）にした事と、該微小物体に直方体状の棒（断面形状は $500\text{ }\mu\text{m} \times 500\text{ }\mu\text{m}$ の正方形、長さ 1 cm ）を接続した事と、該棒を基板外に取り出す円形の穴（直径 $800\text{ }\mu\text{m}$ ）を一方の基板及び電極に開けた事である。

【0055】本実施例で用いた微小物体駆動装置の断面模式図を図9に示す。101と102はガラス基板である。基板間隔は $25\text{ }\mu\text{m}$ である。103と104はITO電極（ $8\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ ）である。105は直方体状の微小物体である。106はネマチック液晶（商品名BL9、メルク社製）である。107は微小物体105に接続させた棒である。108は、基板101及び電極103に設けた棒107を通す円形の穴である。109は電極間に電圧を印加する電圧印加手段である。なお、図9では間隔維持用のスペーサーは省略した。

【0056】次に、電極間に円柱状の棒が接続された微小物体を配置させる方法について説明する。先ずガラス基板に深さ $10\text{ }\mu\text{m}$ の長方形（ $8\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ ）の穴を公知のリソグラフィー手法により形成する。この穴に、この穴と同じ体積の光重合性化合物50重量部と光重合開始剤1重量部の混合物を注入し、穴をガラス板でふさぐ。なお、前記光重合性化合物は、4-ヒドロキシブチルアクリレート45重量部と1,6-ヘキサンジオールジアクリレート5重量部との混合物である。

【0057】次に上記光重合性化合物に紫外線を照射して、高分子化合物からなる直方体状の微小物体を作成した。この微小物体を前記ガラス基板の穴から取り出し、 110°C に設定したホットプレート上に載せる。次に、この微小物体上に厚膜ネガレジスト（THB-234N、JSR社製）から形成した微少な棒の一方の端面を

接触させた。これにより微小物体上に微少な棒を接着する事ができた。

【0058】なお、厚膜レジストからなる微少な棒は、公知のリソグラフィー手法により形成した。即ちシリコン基板上に形成した厚さ500μmの厚膜レジスト層に対して、マスク露光、 rinsing、ベーク処理を順次施す事により、上記形状を有する厚膜レジストからなる微少な棒が形成できる。本実施例ではシリコン基板上から厚膜レジストからなる微少な棒を剥離し、上記微小物体と接着させた。

【0059】次に上記微小な棒を接続させた微小物体を、電極104上に載せる。そして直径25μmのスペーサーを電極104を設けた基板102の周辺部に配置する。そして、公知のエッチング処理で形成した電極103及び基板101の穴に、上記微小な棒を実体頭微鏡で観察しながら通した。その後、セル中空部に液晶を注入し、更に基板同士を接着剤で固定した。この様な工程により、本実施例に関する微小物体駆動装置を得る事ができた。

【0060】次に電圧印加手段により一対の電極間に、実施例1で用いた2種類の矩形波電圧を交互に印加した。但し、何れの場合も電極104が接地されている。上記矩形波電圧印加中の微小物体の応答と微少な棒の応答を電極103の上方から観察した。

【0061】上記矩形波電圧1を印加している場合には、微小物体が電極面に対して垂直な方向を回転軸とする時計周りの自転運動を示していた。同時に、微少な棒も電極面に対して垂直な方向を回転軸とする時計周りの自転運動を示していた。

【0062】一方、上記矩形波電圧2を印加している場合には、微小物体が電極面に対して垂直な方向を回転軸とする反時計周りの自転運動を示していた。同時に、微少な棒も電極面に対して垂直な方向を回転軸とする反時計周りの自転運動を示していた。

【0063】すなわち、印加する矩形波電圧によって微小物体の自転運動を、微少な棒を通して基板外に伝達する事ができた。そして微少な棒の自転方向は、矩形波波形により制御する事ができた。

【0064】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明によれば、従来装置のようにレーザー光源や複雑な電極や駆動回路を必要としないため、装置の構造を簡単にでき、その薄型化を図ることできる。さらに、本発明によれば、個々の微小物体に動力伝達機構として回転軸を連結する場合、その回転軸を延設する方向は、基板面に沿った方向ではなく基板面に垂直な方向となる。したがって、基板と基板との間に回転軸を配置し回転させるための間隙を設ける必要がなくなり、この点においても装置の薄型化を図ることができる。

【0065】また、本発明によれば、微小物体は、従来

装置のように電極非対向領域にて運動するのではなく、電極対向領域にて運動する。したがって、電極非対向領域は、微小物体が運動するためのスペースを考慮することなく小さくでき、その分、装置を小型化できる。

【0066】またさらに、本発明によれば、微小物体の自転運動は、その微小物体の両側において互いに逆方向に発生した液体流動によってなされ、従来装置のように片側の液体流動のみによってなされるのではない。このため、微小物体に動力伝達機構として回転軸を連結する場合であっても、電気エネルギーを運動エネルギーに変換する場合の変換効率が向上され、消費電力の無駄を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る微小物体駆動装置の構造の一例を示す断面図である。

【図2】本発明に係る水平配向処理の一例を示す斜視図である。

【図3】微小物体の運動を説明するための模式図である。

【図4】本発明に係る微小物体駆動装置に印加する交番電圧の波形を示す波形図である。

【図5】本発明に係る微小物体駆動装置に印加する交番電圧の波形を示す波形図である。

【図6】本発明の実施例1の微小物体駆動装置の構造を示す断面図である。

【図7】本発明に係る水平配向処理の他の例を示す斜視図である。

【図8】本発明に係るラビング処理方法を説明するための模式図である。

【図9】本発明の実施例3の微小物体駆動装置の構造を示す断面図である。

【図10】従来の微小物体駆動装置の構造の一例を説明するための断面図である。

【符号の説明】

11、12 基板

13、14 電極

15 液晶

16 微小物体

17 電圧印加手段

18 液晶配向層

21 水平配向処理領域

22 ラビング処理方向

31 微小物体の運動軌跡

61、62 基板

63、64 電極

65 液晶

66 微小物体

67 電圧印加手段

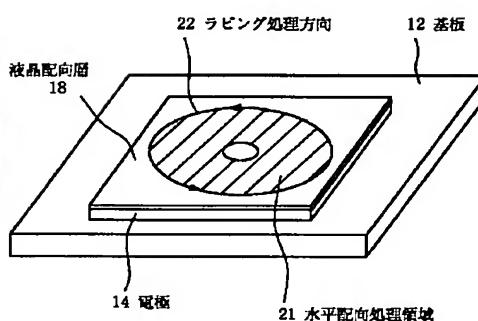
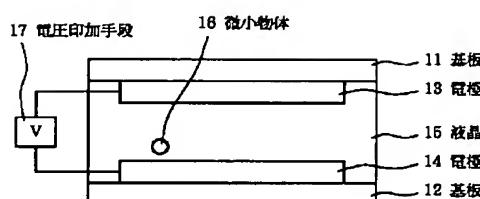
71 ラビング処理領域

81 電極

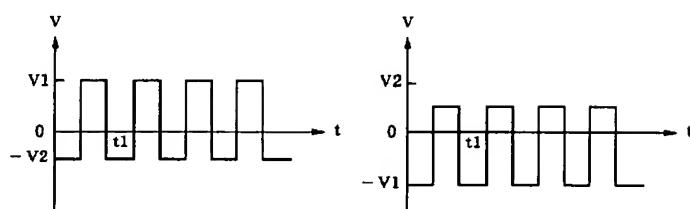
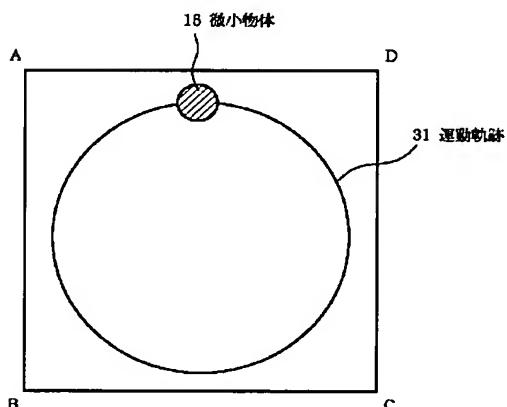
82 ラビング布
83 電極中心
84 回転軸
91、92 基板
93、94 電極
95 液晶
96 回転子
97 液晶流動

* 98 対流うず
101、102 基板
103、104 電極
105 微小物体
106 液晶
107 微少な棒
108 穴
* 109 電圧印加手段

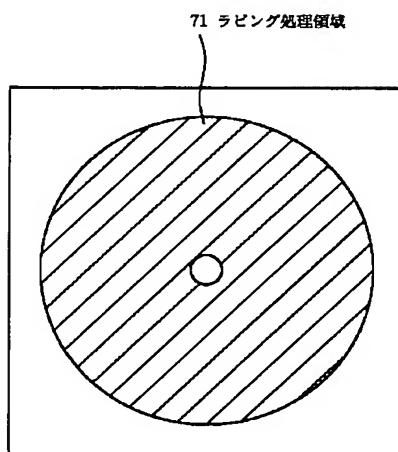
【図1】



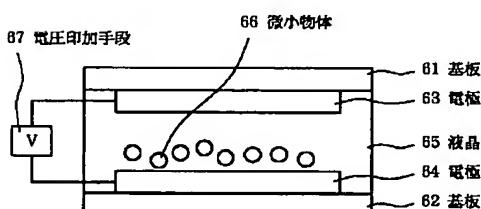
【図3】



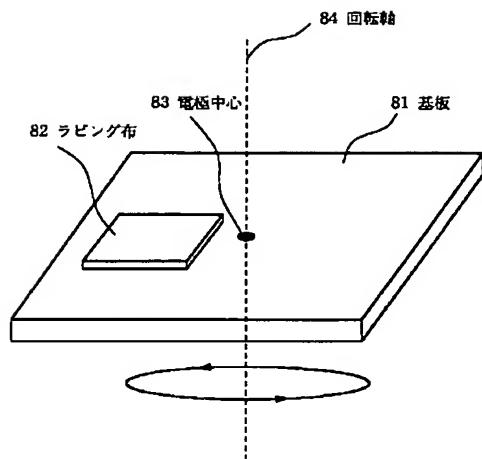
【図7】



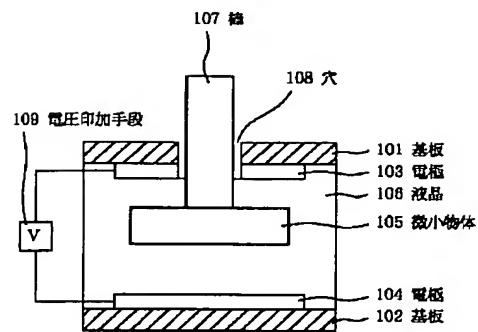
【図6】



【図8】



【図9】



【図10】

